

2주간의 복합운동이 비만중년여성의 비스파틴(Visfatin), 혈중지질에 미치는 영향과 상관관계 분석

서울대학교 건강운동생리학 실험실¹, 서울교육대학교², 울산대학교³, 한북대학교⁴

서동일¹, 전태원¹, 소위영¹, 조강옥¹, 김경래¹, 엄우섭², 이광희¹, 임강일¹, 이한준³, 김기정¹, 서한교^{*4}

The Analysis of Correlation and Effects of Combined Exercise Training on Visfatin and Blood Lipids in Middle Aged Women

Dong-Il Seo¹, Tae-Won Jun¹, Wi-Young So¹, Kang-Ok Cho¹, Kang-Il Leem¹, Kyeong-Lae Kim¹, Woo-Soeb Eom², Kwang-Hee Lee¹, Han-Joon Lee³, Ki-Jeong Kim¹, Han-Kyo Seo^{*4}

Health and Exercise Science Laboratory, Seoul National University¹, Seoul National University of Education², Ulsan University³, Hanbuk University⁴

Background: Visfatin is a recently identified adipocytokine, and its role in response to exercise in human is not known. It has been reported that visfatin functions in a similar manner to that of insulin. Blood-serum concentrations are increased in patients with obesity and diabetes. In this study, we have investigated whether plasma visfatin is altered by combined exercise training in middle aged women.

Methods: Fasting plasma visfatin concentration was measured in ten middle aged women who participated in a supervised combined exercise program (60 min/day, 60~70% heart rate reserve and 10 RM/ 3 set for 30 min, 3 days/week) for 12 weeks. Twelve women were served as controls. We measured visfatin, free fatty acid, total cholesterol, triglyceride, high density lipoprotein-cholesterol, low density lipoprotein-cholesterol, glucose, insulin, and homeostasis model assessment-insulin resistance (HOMA-IR) before and after 12 weeks of exercise. Repeated measure ANOVA was used to analyze the effects of within/inter group and before/after training. Pearson correlations were calculated to examine the relationship between visfatin and other variables($P<0.05$)

Results: Twelve weeks of combined exercise has positive effect significantly on body weight, % body fat, high density lipoprotein-cholesterol, low density lipoprotein-cholesterol, total cholesterol, and free fatty acid ($P<0.05$), but body mass index and glucose only showed interaction of time and group($P<0.05$). Also, there was no statistical significant change in visfatin and triglyceride. The changes of visfatin before/after 12 weeks of combined exercise had negative correlation with the changes of glucose($r=-0.634$, $P=0.049$) and triglyceride ($r=-0.663$, $P=0.037$), but had positive correlation with high density lipoprotein-cholesterol($r=0.735$, $P=0.015$).

Conclusions: This study concluded that 12 weeks combined exercise training improved body composition and lipid profiles in middle aged women. However, blood visfatin level had no significant change. The experimental comparative study with diverse exercise intensity and method seems to be needed to examine the relationship between exercise and visfatin.

Korean J Health Promot 2010;10(1):39-44

Key Words: Visfatin, BMI, Exercise, Adipocytokine

■ 접수 일 : 2008년 11월 26일 ■ 채택 일 : 2010년 2월 25일
■ 교신저자 : 서한교
■ 주 소 : 경기도 동두천시 상패동 233-1 한북대학교 건강관리학과
■ 전 화 : 031-860-1420
■ E-mail : hkseo@sports.or.kr

서 론

최근 연구에 따르면 지방조직은 단순히 지방 저장의 역할뿐만 아니라 여러 가지 호르몬과 생리활성물질(adipocytokines)을 분비하고, 대사 조절에 관여하는 능동적인 내분비 기관으로 보고되고 있다.^{1,2)} 지방조직에서 생성되고 분비되는 대표적인 생리활성물질은 아디포넥틴(adiponectin), 종양괴사인자(TNF- α), 렙틴(leptin), 레지스틴(resistin) 등이 있으며, 최근에는 비스파틴(visfatin)이라는 새로운 생리활성물질이 밝혀지고 있다.³⁾

비스파틴은 인간의 경우 피하지방과 내장지방 조직에 다량 존재하며, 52 kDa 단백질로써 β 세포에 대한 성장인자(growth factor)로 작용한다. 주로 골수, 간, 근육에 발현되는 pre- β cell colony-enhancing factor (PBEF)와 동일한 물질로 알려져 있으며, 내장지방의 양과 밀접한 관련성을 가지고 있다.³⁾

비스파틴은 인슐린과 유사한 약리작용(insulin mimetic effect)과 혈당 강하작용(glucose-lowering effects)을 담당하고 있고,³⁾ 높은 친화력을 바탕으로 인슐린 수용체에 작용하여 지방합성(lipogenesis)과 당흡수(glucose uptake)를 증가시키는 역할⁴⁾을 담당하고 있어 대사 질환의 발병과 관련되어 중요한 요인으로 주목을 받고 있다. 이러한 비스파틴이 최근 운동과 관련하여 어떠한 반응을 나타내는가에 관심을 가지고 연구를 진행하는 움직임이 나타나고 있으나, 국내외적으로 현재까지 보고된 연구가 매우 부족한 실정이다.⁵⁻⁷⁾ 또한 유산소 운동에 국한된 연구들만 보고되었을 뿐이어서 다양한 형태의 운동에 대한 반응에 대한 보고가 필요한 실정입니다.

유산소운동은 지방대사의 활성화를 통해서 에너지소비를 늘리고,⁸⁾ 저항성운동은 골격근의 손실을 막아주고 근력의 향상에 도움을 주는 운동방법이다.⁹⁾ 복합운동이란 유산소운동과 저항성운동을 함께 실시하는 것으로 근육량의 감소와 비만으로 부터의 예방을 위한 이상적인 운동훈련 방법이라고 할 수 있다.

중년여성의 시기에는 복부지방과 비만의 유병률이 증가하고, 근육량의 감소가 두드러지게 나타난다.¹⁰⁾ 이러한 변화가 존재하는 중년여성의 시기에 복합운동(근력운동, 유산소운동)을 통하여 지질과 관련된 위험요소들의 개선을 살펴보면, 혈중 비스파틴과의 관계를 규명하는 것은 흥미 있는 연구가 될 것이다. 따라서 본 연구는 복합운동이 중년 여성의 혈중 지질과 비스파틴 농도에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보고, 운동에 따른 비스파틴의 변화가 신체구성 및 혈중지질과 어떠한 관련성을 나타내는지를 검증하여 비만인을 위한 운동처방의 기초자료를 제공하는데 있다.

방 법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 경기도 A시에 거주하는 30~40대의 중년 여성으로써 본 실험의 목적과 취지를 이해하고 참가동의를 확인한 24명으로 하였다. 집단은 복합운동 프로그램에 참여하는 운동군 12명과 프로그램에 참여하지 않고 일상생활을 유지하는 통제군 12명을 단순 무작위 방법(random allocation)으로 분류하였다. 하지만, 운동군에서 건강상의 문제로 자의적인 탈락이 2명 발생되어 최종적으로 10명만이 운동참여를 종료하였다. 연구대상자에 대한 신체적 특징은 표 1과 같다.

2. 연구방법

본 연구는 12주 동안의 복합운동 실시 여부에 따라 혈중 비스파틴, 유리지방산(Free fatty acid), 총콜레스테롤(Total cholesterol), 중성지방(Triglyceride), 고밀도지단백콜레스테롤(High density lipoprotein-cholesterol), 저밀도지단백콜레스테롤(Low density lipoprotein-cholesterol), 혈당(glucose), 인슐린(insulin), 인슐린 저항성 지수(homeostasis model assessment-insulin resistance, HOMA-IR)가 어떻게 변화되는지를 알아보려고 하였다. 운동군과 통제군 모두 실험시작 전과 12주 후 체력측정과 혈액분석을 실시하였다.

Table 1. Baseline Characteristics of Subjects

	Exercise (n=10)	Control (n=12)
Age (yr)	39.8 \pm 5.3	39.7 \pm 4.0
Height (cm)	157.0 \pm 4.5	160.0 \pm 5.5
Weight (kg)	64.9 \pm 8.9	62.4 \pm 7.5
BMI (kg/m ²)	26.1 \pm 3.5	24.4 \pm 2.3
Body Fat (%)	36.5 \pm 3.4	34.0 \pm 5.6

BMI: Body mass index.

Table 2. Combined Exercise Program

Sequence	Type	Intensity
Warm-up	Stretching	5 min
Aerobic exercise	Treadmill-running	60~70% HRR
Resistance exercise	Bench press	10 RM, 3 set
	Lat-pull down	
	Shoulder press	
	Leg press	
	Leg extension	
	Sit-up	
Cool-down	Stretching	5 min

HRR: Heart rate reserve, RM: Repetition maximum.

운동프로그램은 American college of sports medicine¹¹⁾에서 제시하는 중강도로 구성한 개인별 복합운동을 표 2와 같이 하루 1시간 주 3회 12주 동안 실시하였다. 복합운동 중 유산소 운동은 트레드밀에서 최대예비심박수(Heart rate reserve)의 60~70%의 강도로 30분 간 실시하였고, 웨이트 트레이닝은 대근육을 중심으로 10 RM의 중량으로 각 운동형태당 3세트씩 30분 간 실시하였다. 점증부하 원리에 입각하여 운동 6주 후에 예비심박수와 1 RM을 재측정하여 운동 강도를 재설정하였다.

측정방법은 신체조성(체중, 체지방률, 체지방율) 검사를 Inbody 3.0 (Biospace Co., Korea)으로 측정하였다. 혈액 검사는 12시간 공복을 유지하고 상완정맥에서 각각 15 cc씩 채혈하였다. 채혈 후 Heparin tube에 넣고 흔들어 섞은 후, 3,000 rpm에서 원심 분리하여 총콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백콜레스테롤, 저밀도지단백콜레스테롤 농도 (Hitachi 747, Hitachi Co., Japan)와 유리지방산 농도 (Olympus AU 640, Olympus Ltd., USA)를 측정하였다. 혈당은 포도당 산화 효소법을 이용하였으며, 인슐린은 방사면역측정법(Roche diagnostics, Switzerland)으로 측정하였다. 인슐린 저항성 지수(HOMA-IR)는 $[(\text{공복 인슐린}(\mu\text{IU/ml}) \times \text{공복 포도당}(\text{mmol/L})) / 22.5]$ 의 공식을 이용하여 산출하였다. 비스파틴은 ELISA kit (Phoenix pharmaceuticals, USA)를 이용하여 측정하였다.

3. 통계처리

본 연구의 자료는 Windows SPSS Ver.12.0 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였으며, 결과 값의 집단 내·간 운동 전·후의 차이의 효과 검증을 위해 반복 측정 분산분석(Two-way ANOVA repeated measure)을 실시하였고, 비스파틴과 다른 변인들과의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨의 적률 상관분석을 실시하였다. 통계적 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

결 과

1. 신체조성과 혈액분석 결과

본 연구에서 중년여성을 대상으로 12주간 복합운동을 실시한 후 체중, 체지방률, 저밀도지단백 콜레스테롤, 고밀도지단백 콜레스테롤, 총콜레스테롤의 반복측정 분산분석의 결과 시간에 따른 주효과와 시간과 그룹에 따른 상호작용 효과가 통계적으로 유의하게 나타났다. 유리지방산은 시간에 따른 주효과만 통계적으로 유의하게 나타났고, 체

지방지수와 혈당은 시간과 그룹에 따른 상호작용 효과에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 비스파틴, 인슐린 저항성 지수, 중성지방, 인슐린의 경우 시간에 따른 효과나 그룹간의 상호작용 효과가 나타나지 않았다.

각 변인들의 결과를 구체적으로 살펴보면 (표 3)과 같다. 12주 동안의 복합운동 후 운동군에서 체중은 64.9 ± 8.9 kg에서 62.6 ± 8.7 kg로, 체지방률은 $36.5 \pm 3.4\%$ 에서 $34.2 \pm 4.2\%$ 로, 체지방지수는 26.0 ± 3.5 kg/m²에서 25.4 ± 3.2 kg/m²로, 총콜레스테롤은 182.1 ± 17.2 mg/dl에서 167.7 ± 12.8 mg/dl로, 저밀도지단백콜레스테롤은 95.7 ± 21.8 mg/dl에서 81.7 ± 14.2 mg/dl로 혈당은 84.4 ± 7.0 mg/dl에서 80.3 ± 6.3 mg/dl로 변화되었고, 또한 고밀도지단백콜레스테롤은 45.2 ± 7.6 mg/dl에서 54.2 ± 10.8 mg/dl로, 유리지방산은 630.3 ± 243.6 mg/dl에서 793.4 ± 197.9 mg/dl로 변화되는 결과를 관찰할 수 있었다. 인슐린 저항성 지수는 1.7 ± 1.2 에서 1.2 ± 1.0 로, 중성지방은 136.1 ± 79.7 mg/dl에서 102.2 ± 48.5 mg/dl로 감소하는 경향을 보였다. 그리고 혈중 비스파틴의 농도는 64.1 ± 14.1 mg/dl에서 87.2 ± 50.0 mg/dl로 증가하는 경향을 보였지만 통계적인 유의성은 없었다.

2. 비스파틴과 상관관계 분석 결과

본 연구에서 전체를 대상으로 사전 값의 비스파틴과 다른 변인들 간의 상관관계를 비교한 결과 그림 1과 같이 비스파틴은 인슐린 저항성 지수($r=0.446$, $P=0.037$)와 인슐린($r=0.452$, $P=0.035$)과 양의 상관관계를 보였다. 그리고 각 변인들의 운동에 따른 변화량간의 상관관계를 분석한 결과 비스파틴의 변화량은 12주 후 혈당($r=-0.634$, $P=0.049$)과 중성지방($r=-0.663$, $P=0.037$)의 변화량과 음의 상관관계를 보였고, 고밀도지단백콜레스테롤($r=0.735$, $P=0.015$)과는 양의 상관관계를 보였으며, 나머지 변인들의 변화량과는 상관성을 보이지 않았다.

고 찰

본 연구에서 12주간의 복합운동은 체중과 체지방량의 유의한 감소에도 불구하고 인슐린 저항성과 비스파틴의 변화에 영향을 미치지 못하였다. 또한 운동 후 비스파틴의 변화량은 공복혈당, 중성지방, 그리고 고밀도지단백콜레스테롤의 변화량을 제외한 모든 변인들과 유의한 상관관계를 나타내지 못하였다. 이는 운동에 의한 체중감소와 혈청 지질의 개선이 비스파틴 변화와 관계되지 않을 수 있다는 가능성을 보여준 것이다.

본 연구에서는 사전 피험자의 비스파틴과 모든 변인들

Table 3. Differences between Pre and Post 12 Weeks Combined Exercise Training

Variables	Group	Pre Exercise	Post Exercise	Interaction(time×group)	
				F	P
Body Weight (kg)	Exercise	64.9 ± 8.9	62.6 ± 8.7	13.718	0.001
	Control	62.4 ± 7.5	62.9 ± 7.5		
Fat (%)	Exercise	36.5 ± 3.4	34.2 ± 4.2	10.859	0.004
	Control	34.9 ± 4.2	35.1 ± 3.9		
BMI (kg/m ²)	Exercise	26.0 ± 3.5	25.4 ± 3.2	10.351	0.004
	Control	24.4 ± 2.3	24.6 ± 2.3		
Visfatin (mg/dl)	Exercise	64.1 ± 14.1	87.2 ± 50.0	0.628	0.437
	Control	63.6 ± 19.2	73.1 ± 15.2		
Glucose (mg/dl)	Exercise	84.4 ± 7.0	80.3 ± 6.3	5.000	0.037
	Control	86.6 ± 6.4	87.8 ± 7.0		
HOMA-IR	Exercise	1.7 ± 1.2	1.2 ± 1.0	1.676	0.210
	Control	1.6 ± 0.8	1.5 ± 0.9		
Insulin (uIU/ml)	Exercise	7.79± 5.31	5.87± 4.40	0.895	0.355
	Control	7.28± 3.47	6.76± 3.45		
LDL-C (mg/dl)	Exercise	95.7 ± 21.8	81.7 ± 14.2	10.356	0.004
	Control	97.9 ± 21.2	100.5 ± 19.1		
HDL-C (mg/dl)	Exercise	45.2 ± 7.6	54.2 ± 10.8	5.129	0.035
	Control	49.2 ± 11.9	49.8 ± 10.2		
TG (mg/dl)	Exercise	136.1 ± 79.7	102.2 ± 48.5	1.395	0.251
	Control	144.8 ± 86.9	139.2 ± 66.0		
TC (mg/dl)	Exercise	182.1 ± 17.2	167.7 ± 12.8	9.338	0.006
	Control	181.6 ± 28.7	184.2 ± 26.7		
FFA (mEq/l)	Exercise	630.3 ±243.6	793.4 ±197.9	1.220	0.282
	Control	639.5 ±223.4	700.2 ±264.5		

Data are mean±SD.

BMI: Body mass index, GH: Growth hormone, LDL-C: Low density lipoprotein-cholesterol, HDL-C: High density lipoprotein-cholesterol, TG: Triglyceride, TC: Total cholesterol, FFA: Free fatty acid.

과의 관련성을 분석한 결과, 비스파틴의 농도는 체중, 체지방률, 체지방지수와 같은 신체조성과는 관련성이 없는 것으로 나타났다. 하지만 운동 후 비스파틴에 대한 선행 연구들에 의하면 비스파틴은 제1형 당뇨병 환자들에게서 에어로빅운동 후 감소하였으며, 제2형 당뇨병 환자와 비만인에게서도 운동에 따른 체중감소 후 감소하였고, 과체중 대상자들에게서도 운동 후 감소하는 결과를 보고하였다.⁶⁻⁸⁾ 이러한 선행연구들을 종합해 보면 운동과 비스파틴은 상당한 관계성을 가지고 있는 것으로 보여질 수 있다. 하지만 본 연구에서는 통계적인 유의성이 나타나지 않았다. 이러한 결과는 연구대상자의 표본의 크기, 비만의 정도, 그리고 질병의 유무에 따른 대상자의 특성에 의해 차이가 다양하게 나타날 수 있을 것으로 사료된다.

비만은 아디포사이토카인(adipocytokines) 농도의 변화와 밀접한 관련성이 있는 것으로 잘 알려져 있다.²⁾ 즉 체중의 변화가 순환하는 아디포사이토카인 농도에 영향을 미친다.¹²⁾ 비스파틴은 내장지방으로부터 분비되어지며, 내장

지방은 위밴드삽입술(gastric banding)을 통한 체중감소에 의해 감소되어지는 것으로 알려져 있다. Haider 등¹³⁾의 연구에서 높은 비스파틴 농도는 비만인의 위밴드삽입술 후 감소되어짐을 보고한 반면에, 최근 한 연구¹⁴⁾에서는 위 시술법 후 체중감소가 비스파틴의 증가와 관련이 있는 것으로 상반되게 보고하고 있다. 비록 두 연구의 결과가 운동의 효과는 아니었지만 상반된 결과를 보인 것은 비스파틴의 반응에 관한 연구결과가 아직은 분분하며 추후 더욱 많은 연구가 필요함을 보여준다고 할 수 있을 것이다.

Haider 등¹³⁾은 위밴드삽입술 후 체중감소에 의한 인슐린감수성의 변화는 혈장 렙틴(leptin)이나 아디포넥틴(adiponectin)과는 달리, 비스파틴의 변화와 높은 상관관계를 나타내는 것으로 보고하였다. 이것은 아디포사이토카인들 중에 특히 비스파틴이 인슐린 수용체(insulin receptor)의 신호전달에 직접적인 영향을 가진다는 설명을 뒷받침해주는 것이다.³⁾ 그렇지만 본 연구에서 운동 후 인슐린 저항성과 비스파틴의 변화에 대한 관련성은 관찰되

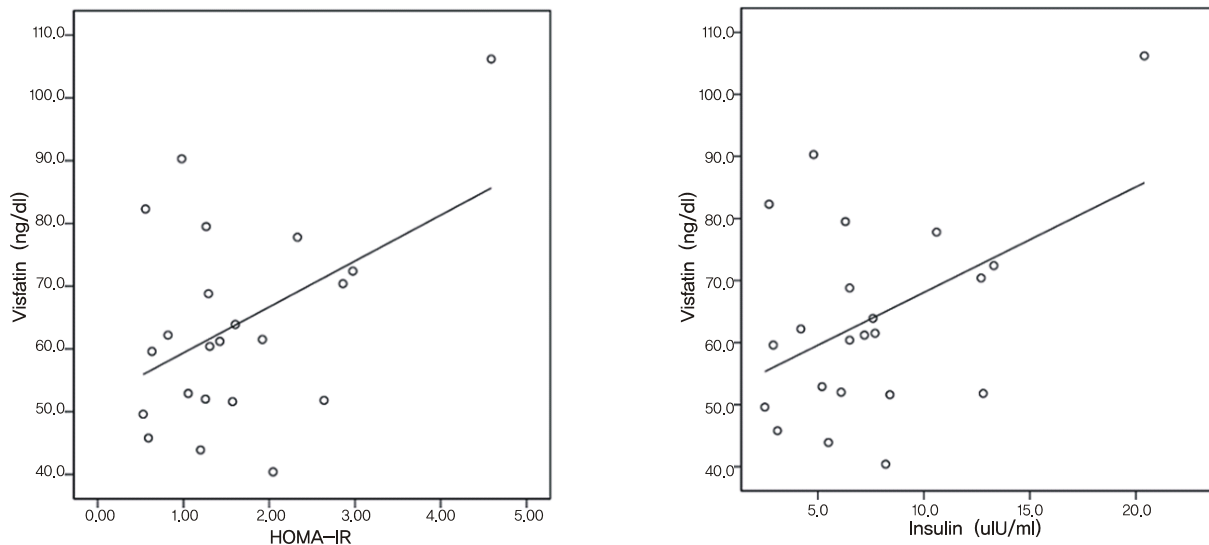


Fig. 1. Correlations of Visfatin & HOMA-IR and Visfatin & Insulin

지 않았으며, 단지 혈당의 변화와 유의한 상관관계가 있음이 나타났다. 이러한 결과는 위밴드삽입술을 통한 체중감소와 운동을 통한 체중감소는 비스파틴에 각각 다른 영향을 미친다고 할 수 있을 것이다. 운동을 통한 지방대사의 활성화에 의한 체지방 감소와 위밴드삽입술을 통한 음식 섭취의 제한으로 나타나는 체중감소의 차이에서 나타나는 결과일 것으로 사료된다.

결론적으로 12주 동안의 복합운동은 중년여성의 혈중 지질에는 긍정적인 영향을 주었으나, 비스파틴에는 유의한 결과를 나타내지 못하였다. 운동을 통한 비스파틴의 반응은 대상자의 신체적 특성과 운동방법에 따라 다르게 나타날 수 있다는 것으로 판단되어지며, 추후 연구에서는 단순한 체중감소에 따른 비스파틴의 연구뿐만 아니라 식습관이나 생활습관 그리고 운동프로그램의 다양한 구성이 적용되어야 할 것으로 판단되며, 또한 대사적 위험인자들을 동반한 비만이나 당뇨병환자들을 대상으로 한 연구도 부족했기 때문에 비스파틴의 운동훈련의 반응을 검증하기 위한 추후 연구가 더욱 많이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요 약

연구배경: 비스파틴은 인간의 경우 피하지방과 내장지방 조직에 풍부히 존재하며, 특히 비스파틴은 비만과 인슐린 저항성과 같은 대사 질환의 발달과 관련된 중요한 요소로 주목받고 있는 새로운 생리활성물질이다. 중년여성의 시기에는 복부지방이 증가하고 비만의 유병률이 증가하며, 근육량의 감소도 두드러지게 나타난다. 복합운동을 통한 비스파틴의 반응과 관계를 규명하는 것은 비만 개선을 위

한 운동방법적인 측면에서 운동처방의 기초자료를 제공하는데 의미있는 접근으로 판단된다.

방법: 본 연구에서는 10명의 중년여성들이 3개월 동안 주 3일, 하루 1시간씩 복합운동을 실시하였다. 복합운동 중 유산소 운동은 트레드밀에서 예비심박수의 60~70%의 강도로 30분간 실시하도록 하였고, 웨이트 트레이닝은 대근육을 중심으로 10RM의 중량으로 3세트씩 30분간 실시하였다. 프로그램에 참여하지 않고 일상생활을 유지하는 통제군 12명을 무선헌당으로 분류하여, 총 22명의 중년여성들이 연구에 참여하였다. 12주 운동훈련 전·후에 각각 혈중 비스파틴, 유리지방산, 총콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤, 혈당, 인슐린, 인슐린 저항성 지수(HOMA-IR)의 변화를 살펴보았다. 결과 값의 집단 내·간 운동 전·후의 효과 검증을 위해 반복측정 분산분석을 실시하였고, 비스파틴과 다른 변인들과의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨의 적률 상관분석을 실시하였다.

결과: 12주 동안의 복합운동은 중년여성의 체중, 체지방율, 고밀도지단백 콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤, 총콜레스테롤, 유리지방산에 긍정적으로 유의한 변화를 나타내었고($P<0.05$), 체질량지수와 혈당은 시간과 그룹간의 상호작용 효과만 나타내었으며($P<0.05$), 비스파틴과 중성지방에는 통계적으로 유의한 변화를 나타내지 못하였다. 또한 12주 동안의 복합운동 전·후 혈중 비스파틴의 변화량은 혈당($r=-0.634$, $P=0.049$)과 중성지방($r=-0.663$, $P=0.037$)의 변화량과 음의 상관관계를 보였고, 고밀도지단백 콜레스테롤($r=0.735$, $P=0.015$)과는 양의 상관관계를 보였다.

결론: 본 연구의 결과 12주 동안의 복합운동은 중년여성

의 신체조성과 혈중지질에는 긍정적인 영향을 주었으나, 혈중 비스파틴에는 유의한 변화를 나타내지 못하였다. 추후 운동과 비스파틴의 관계를 규명하기 위해서 다양한 운동강도와 방법에 따른 비교실험이 필요할 것으로 사료된다.

중심단어: 비스파틴, 체질량지수, 운동, 아디포사이토카인

REFERENCES

1. Havel PJ. Control of energy homeostasis and insulin action by adipocyte hormones: leptin, acylation stimulating protein, and adiponectin. *Curr Opin Lipidol*. 2002;13(1):51-9.
2. Pittas AG, Joseph NA, Greenberg AS. Adipocytokines and insulin resistance. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004;89(2):447-52.
3. Fukuhara A, Matsuda M, Nishizawa M, Segawa K, Tanaka M, Kishimoto K, et al. Visfatin: a protein secreted by visceral fat that mimics the effects of insulin. *Science* 2005;307:426-30.
4. Kralisch SJ, Lossner U, Bluher M, Paschke R, Stumvoll M, Fasshauer M. Hormonal regulation of the novel adipocytokine visfatin in 3T3-L1 adipocytes. *J Endocrinol*. 2005;185(3):R1-8.
5. Haus JM, Solomon TP, Marchetti CM, O'Leary VB, Brooks LM, Gonzalez F, et al. Decreased visfatin after exercise training correlates with improved glucose tolerance. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(6):1255-60.
6. Haider DG, Pleiner J, Francesconi M, Wiesinger GF, Muller M, Wolzt M. Exercise training lowers plasma visfatin concentration in patients with type 1 diabetes. *J Clin Endocrin Metab*. 2006; 91(11):4702-4.
7. Choi KM, Kim JH, Cho JH, Baik SH, Park HS, Kim SM. Effect of exercise training on plasma visfatin and eotaxin levels. *Eur J Endocrinol*. 2007;157(4):437-42.
8. Poehlman ET, Horton ES. The impact of food intake and exercise on energy expenditure. *Nutr Rev*. 1989; 47:129-37.
9. Ballor DL, Katch VL, Vecque MD, Marks CR. Resistance weight training during caloric restriction enhances lean body weight maintenance. *Am J Clin Nutr*. 1988;47(1):19-25.
10. Pascot A, Lemieux S, Lemieux I, Prud'Homme D, Tremblay A, Bouchard C, et al. Age-related increase in visceral adipose tissue and body fat and the metabolic risk profile of premenopausal women. *Diabetes Care*. 1999;22(9):1471-8.
11. American college of sports medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. Philadelphia:Lippincott Williams & Wilkins;2006.
12. Esposito K, Pontillo A, Palo CD, Giugliano G, Masella M, Marfella P, et al. Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women. *JAMA*. 2003; 289:1799-1804.
13. Haider DG, Schindler K, Schaller G, Prager G, Wolzt M, Ludvik B. Increased plasma visfatin concentrations in morbidly obese subjects are reduced after gastric banding. *J Clin Endocrinol Metab*. 2006;91(4):1578-81.
14. Krzyzanowska K, Mittermayer F, Krugluger W, Kopp HP, Schernthaner G. Increase in visfatin after weight loss induced by gastroplastic surgery. *Obesity* 2006;14(11):1886-9.